

# A Smart Arduino Alarm Clock

Bc. Adam Drábek

Faculty of Informatics and Management  
University of Hradec Kralove,  
Hradec Kralove, Czech Republic  
adam.drabek@uhk.cz

**Abstract**—Článek popisuje vývoj nízko-rozpočtového chytrého budíku, který je postaven na platformě Arduino. Lidský organismus se během spaní může nacházet ve třech základních funkčních stavech. Bdění, NREM a REM spánku. Cílem chytrého budíku je detekovat tyto stavy a snažit se přizpůsobit nastavený alarm a vzbudit subjekt v co možná nejlepším okamžiku spánkového cyklu, tedy v bdění či lehkém spánku. Arduino smart alarm clock využívá k detekování stavu spánku pohybové infra čidlo a sensor zvuku, díky kterým může vyhodnocovat podněty a upravovat nastavenou dobu buzení. Pro lepší funkcionalitu je budík rozšířen o LCD LED display, real-time hodiny, sensor teploty a vlhkosti a fotosenzitivní čidlo pro vypínání LED displaye v noci. Budík bude možné využívat pro lepší a efektivnější vstávání.

**Keywords**—*smart alarm clock; arduino; chytrý budík; senzory; spánek; REM; NREM; alarm*

## I. INTRODUCTION/ÚVOD

Spánek, tedy doba od usnutí až po probuzení se dá rozložit na několik fází, které se můžou v průběhu noci střídát. Dvě nejčastější fáze jsou **REM** (z ang. rapid eye movement – tedy rychlé oční pohyby) a **NREM** (opak REM). Fáze NREM je charakterizována útlumem mozkové činnosti, tělesným klidem a uvolněním. Následně se tato fáze dělí na další čtyři stupně podle hloubky spánku – od nejhlubšího spánku až po lehký spánek. Druhá fáze, REM je charakteristická mozkovou činností na úrovni bdělého stavu, rychlými očními pohyby a ztrátou svalového napětí téměř všech vůli ovládaných svalů. V této fázi je nejtěžší člověka zbudit. Tyto fáze se obvykle v určitém cyklu střídají, čtyřikrát až pětkrát za noc [2].

Další obvyklý stav je **Snění**, které se odehrává v průběhu REM fáze spánku, viz článek [3]. Podle teorií má spánek a snění regenerativní funkci pro tělo a mozek a při snění mozek přerovnává, třídí a obnovuje uložené informace [8].

Aby byl výčet fází kompletní, doplňují je ještě další fáze a to **Usínání** (hypnagogium) - přechod z bdělého stavu do spánku a **Probuzení** (hypnagogium) - přechod ze spánku do stavu bdělosti. Právě na fázi probuzení je třeba se zaměřit. Nejlepší efektivita probuzení je v lehkém spánku, kdy spící osoba nemá daleko k probuzení. Indikátor tohoto stavu jsou náhlé pohyby těla, kterými spící jedinec mění svou polohu.

Existují celé řady řešení, které se snaží zefektivnit vstávání/probuzení a přizpůsobit se lidem. Detekují spánkové cykly nebo se o to alespoň snaží a upravují čas

buzení v nastaveném časovém okně. Tyto řešení jsou obvykle ve formě nejrůznějších aplikací do mobilních telefonů, tabletů či přímo počítačů s externími senzory. Na trhu lze ovšem i najít hardwarová řešení, která fungují převážně na Arduino, Raspberry Pi a jiných podobných řešeních.

Většina těchto řešení fungují ale pouze jako budíky s vylepšeními. Aplikace chytrých budíků, které jsou dostupné na Google Play či Apple Store jsou ovšem už z principu omezené hardwarovou výbavou telefonů či tabletů, na kterých jsou nainstalovány. Ukázkovou aplikaci lze vyhledat např. na webové adrese [5]. Dnešní telefony sice disponují celou řadou nejrůznějších senzorů a čidel, ale jsou omezeny svojí funkcí. Pokud bychom chtěli využít například zabudovaný akcelerometr na detekci pohybu, museli bychom telefon připevnit na subjekt, což už z principu není ideální řešení. Samozřejmě že lze využívat například vestavěnou kameru, zde je ale problém snímání zejména v noci, kdy by bylo potřeba nasvítit scénu pro detekci pohybů. Světlo je ale velmi rušivý element pro spánek, proto se toto řešení musí také zamítnout. Senzory v telefonech nejsou proto dostačující pro využití v chytrých budících.

Jak už zde bylo zmíněno, existují také lepší řešení postavené například na platformě Arduino [7]. Tyto chytré budíky mají výhodu v možnosti připojení nejrůznějších externích senzorů, které nejsou v mobilních přístrojích dostupné. Pro příklad lze uvést infračervený pohybový sensor, který řeší problém snímání pohybu člověka za tmy. Existující řešení nejsou ale plnohodnotná řešení, která by detekovala pohyb, zvuk a další faktory a následně přizpůsobovala čas buzení. Obvykle využívají pouze LCD display, ethernetový shield a základní funkcionalitu budíku. Po připojení k síti komunikují nejčastěji přes google služby kalendář a gmail služby a princip chytrého řešení spočívá v možnosti nastavení času buzení přes internet, detailní popis s implementací lze dohledat na webu [6]. Tyto řešení nejsou plnohodnotná řešení přístupu ke zlepšení efektivnosti vstávání a nevyužívají žádná čidla či jen jejich zlomek.

Cílem projektu proto bude navrhnout vlastní řešení přístupu k chytrým budíkům a rozšířit je o doplňkové senzory jako jsou pohybové infra čidla, senzory zvuku, teploty a intenzity světla. Výsledné řešení by mělo být schopné reagovat na podněty ze strany uživatelů v blízké době vstávání a v takzvaném nastaveném časovém okně najít

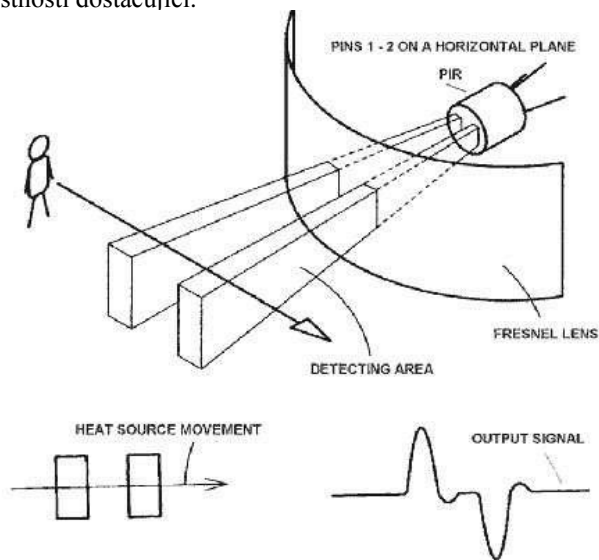
okamžik blízký k bdělosti, případně pokud žádný takový nenalezne, tak okamžik blízký k lehkému spánku a uživatele probudit.

## II. PROBLEM DEFINITION/ DEFINICE PROBLÉMU

Všichni lidé potřebují ráno vstát v určitou hodinu, kterou si předem nastaví na svých mobilních zařízeních či klasických budících. Čas, který si nastaví je ovšem definitivní a po přiblížení se k této hodnotě na minimální možný časový úsek budík jednoduše zazvoní. Nikoho nezajímá, jestli se zrovna nacházíte v hlubokém spánku anebo už jste dávno vstali. Nastává zde tak problém probuzení ve špatné fázi spánku. Tento problém se poté nese celým dnem a člověk si připadá unavenější a má pocit, že naspal malý počet hodin než obvykle. Otázka tedy zní, jak přesně a spolehlivě tomu zabránit? Je možné vůbec detekovat a rozpoznávat jednotlivé fáze spánku a zároveň probudit jedince včas?

V literatuře se můžeme dočíst, že těsně před a po fázi REM se spící jedinec pohybuje více, než při ostatních fázích. Dodatečně tento pohyb můžou doprovázet vydávané zvuky. Všechny tyto signály jsou detekovatelné a na jejich základě můžeme vyhodnocovat probíhající fáze spánku. [19]

Pro neoptimálnější senzor snímání pohybů nejen za tmy se jeví infračervený pohybový senzor, viz Obrázek 1, který by měl mít alespoň základní možnosti nastavení. Výhoda těchto senzorů je malá pořizovací cena, vysoká dostupnost, malá spotřeba (<50  $\mu$ A), vysoký pozorovací úhel a snímání vzdálenost v řádech metrů. Snímací vzdálenost je pro použití v místnosti dostačující.



Obrázek 1 - PIR motion sensor [13]

Jako dodatečný senzor snímání zvuku lze použít klasický mikrofon s dostatečnou senzitivitou. Pro výstup z mikrofonu do Arduina je ideální analogový signál, díky kterému lze zaznamenávat a interpretovat celou škálu hlasitosti. Je velmi důležité odfiltrovat šum z okolí pro co nejlepší přesnost. Pokud bychom použili mikrofon s digitálním výstupem, mohli bychom pouze interpretovat dva stavy - ticho a zvuk.

Záleželo by také na citlivosti mikrofону, jednalo by se zkrátka o problém, který ovšem analogový výstup vyřeší.

V noci ale nastává další problém, a to zbytečné plýtvání energie svíticím displejem, který také funguje jako rušivý element. Pro nejlepší možný spánek je nutno minimalizovat veškeré světelné rušivé elementy. Proto by měl být také použit foto rezistor, který upravuje spolu s denní dobou posvícení displeje a v případě detekování tmy/noci displej jednoduše vypne.

Další problém špatného spánku nastává v přetopených místnostech. Je dobré k inteligentnímu budíku připojit senzor vnitřní teploty a kontrolovat orientačně teplotu. Všechny tyto senzory spolu se základním vybavením funkčního budíku vytváří koncept chytrého budíku.

Chytrý budík by měl mít základní funkcionalitu klasických budíků a minimálně základní senzory pro detekci buď pohybu anebo zvuku. V ideálním případě by měl disponovat kombinací obou variant pro co nejpřesnější výsledky. V současné době (rok 2014) existuje několik komerčních či open source řešení napříč různými platformami, které se snaží využívat různá čidla pro co možná nejlepší a nejpohodlnější usnadnění ať už vstávání, či reagování na různé situace. Pro příklad můžeme uvést pár řešení, které jsou aktuálně dostupné na trhu.

**SleepTracker** jsou hodinky, které během noci monitorují spánek a podle nashromážděných spánkových informací zazvoní právě v okamžik, kdy probíhá lehký spánek, takzvaný „téměř bdělý okamžik“. Nevýhoda tohoto řešení je v nutnosti spánku s nasazenými hodinkami a utaženým řemínkem o trochu více, než je běžné, což může negativně ovlivnit oběhovou soustavu [9].

**Sleep Cycle** je jedna z mnoha aplikací pro Android a iOS, která využívá zabudované čidla v telefonech či tabletech. Podle doporučení výrobce je nutné telefon/tablet umístit do postele, kde snímá pomocí akcelerometru pohyby. K doprovodné analýze využívá mikrofon a zaznamenává zvuky či šумы na pozadí. Nastává zde možný problém poškození zařízení při spánku, nejedná se tedy o dostatečně vyhovující řešení [10].

**S.M.A.R.T. Alarm Clock** je řešení, které je postaveno na platformě Arduino. Využívá google kalendář přes externí službu Temboo [11]. Budík po ethernetovém rozšíření přijímá čas buzení z této služby. Řešení využívá pouze základní funkcionalitu Arduino platformy a neoptimalizuje čas buzení. Jako řešení pro detekování spánkových cyklů tedy není vhodný [6].

**iWakeUp** – Budík pro chytré ložnice založený na vizuálním kontaktu s člověkem. Pro svou funkci využívá mikro-kontrolér. Pokud je alarm nastaven na určitý čas a člověk je v tento čas stále v posteli, alarm se spustí. Řešení využívá 3 tlakové čidla, jeden termální senzor a jeden optický senzor. V žádném případě neřeší problém spánkových cyklů. [12]

Žádný z těchto chytrých budíků není optimální pro použití v detekci spánkových cyklů člověka. Polovina chytrých řešení není schopna tyto cykly detekovat. Druhá polovina je sice detekuje, ale za cenu nepohodlí či možných zdravotních problémů při delším používání či neúmyslného poškození majetku. Proto bude nutné navrhnout a otestovat

lepší řešení, které odstraní nedostatky aktuálních chytrých budíků. Nepůjde jen o přesnější detekci podnětů, ale také o bezpečnější využití nejen ze zdravotního hlediska. O implementaci a testování tohoto vylepšeného chytrého alarmu budou pojednávat následující kapitoly.

### III. NEW SOLUTION / NOVÉ ŘEŠENÍ

Prototyp chytrého budíku je postaven na elektronické prototypovací platformě Arduino, přesněji využívá Arduino Uno R3 model, který využívá mikrokontrolér ATmega328. Pracuje na frekvenci 16 MHz a obsahuje 32 KB flash paměti. Pracovní frekvence i kapacita paměti je plně dostačující pro funkci chytrého budíku [7]. Obrazový výstup budíku obstarává dvouřádkový LCD 1602 I2C display. Zobrazuje nejen aktuální čas a informace ohledně alarmu, ale také pokojovou teplotu v místnosti.

Pro uchování aktuálního času i po odpojení či výpadku napájení využívá budík DS3231 modul s integrovaným teplotně-kompenzovaným krystalovým oscilátorem. Tento modul je velice přesný (2ppm) za předpokladu provozní teploty v intervalu 0-40 °C. Obsluhu modulu obstarává paměťový AT24C32 čip. Více informací včetně schématu zapojení lze najít na webu [13].

K řešení signalizace alarmu bylo využito nepájivé pole (breadboard), které bylo osázeno LED diody pro světelnou signalizaci a bzučáky zapojenými sériově pro signalizaci zvukovou. Při přivedení 5V do bzučáků začnou pronikavě pískat, nikoliv však natolik hlasitě, aby probudili vzdálené okolí. Nejedná se o tolik hlasitý alarm jako třeba u reproduktoru mobilního telefonu, ovšem bzučák je velice schopný vzbudit člověka ve stavu lehkého spánku.

Ke snímání teploty v místnosti bylo využito čidlo DHT11, které má vstupní napětí 3,3 – 5V. Rozsah měřených hodnot je 20-90% pro vlhkost (+/- 5%) a 0-50 °C pro teplotu (+/- 2 °C). Rozlišení je 1% pro vlhkost a 1 °C pro teplotu. Teplotní senzor není klíčovou vlastností chytrého budíku, a proto jsou tyto hodnoty ještě v rámci tolerance. Detailnější technická specifikace a schéma zapojení lze nalézt na webu [15]. Jako dodatečný senzor byl k budíku navržen fotosenzitivní rezistor, který snímá intenzitu dopadajícího světla. Následně výpočetní jednotka budíku určuje denní dobu a podle této doby upravuje podsvícení displeje, případně ho zcela vypne. Při spánku je zcela zbytečné, aby LCD displej emitoval světlo a rušil tak při spánku.

Nejdůležitější senzory chytrého budíku jsou pohybové pasivní infra senzory a moduly pro detekci zvuku. Pasivní infračervený senzor (Pasive infrared sensor, PIR) je elektronický senzor, Měří infračervené paprsky, které jsou vyzařovány z objektů v jeho zorném poli. Všechny objekty s teplotou nad absolutní nulou emitují svoji tepelnou energii ve formě záření. Toto záření je pro lidské oko neviditelné, protože je vyzařováno na spektru infračerveného světla, které naše oko nerozpozná. Může být ale detekována elektronickými zařízeními, která jsou pro tento účel navržena. Termín pasivní v tomto případě znamená, že PIR zařízení negenerují/nevyzařují žádnou energii pro účely detekce těchto paprsků. PIR senzory také neměří teplo, detekují pouze emitované nebo odražené infračervené záření od objektu. PIR senzor se skládá ze senzoru vyrobeného

z pyroelektrického materiálu – materiál, který generuje energii, pokud je vystaven vyzařovanému teplu. [16] PIR pohybové senzory tedy dokážou detekovat pohyb lidí, zvířat či jiných objektů detekováním změny množství infračerveného záření ve snímaném zorném poli. Pokud například člověk do tohoto pole vstoupí, senzor detekuje změnu množství vyzařovaného tepla z nižší teploty zdi na vyšší teplotu člověka. Tento pohyb je následně zaznamenán změnou výstupního napětí, kterou elektronika v pohybovém čidle zaznamená a výsledek je interpretován jako detekovaný pohyb. Senzor ale detekuje i pouhou změnu povrchu tělesa. Vyzařovaný vzor, i když o stejném množství tepla je odlišný a je také detekovaný jako pohyb [17].

Jako pohybový senzor byl využit HC-SR501 senzor, který pracuje při vstupním napětí 3,3 – 5V. Snímá 100° prostor kužele do vzdálenosti až 7 metrů. Tento senzor disponuje dvěma možnostmi nastavení snímání. První nastavení umožňuje při zachycení prvního pohybu snímat nepřetržitě až do doby, kdy se ve snímacím poli senzoru přestane subjekt hýbat. Můžeme tedy měřit, jak dlouho jednotlivé pohyby trvají a podle délky trvání reagovat na události. Při delším pohybu můžeme konstatovat, že se snímáný člověk při aktivovaném alarmu vzbudil a není už potřeba dále tento alarm mít zapnutý. Druhé nastavení snímá pouze jednorázovou změnu v zorném poli a další pohyb už nezaznamenává až do dalšího nastaveného intervalu. Interval je možný nastavit od 0,5 sec do 60 sekund.

Pro řešení detekce pohybu je potřeba využít dvě čidla při rozdílném nastavení. První čidlo bude po detekci pohybu snímat nepřetržitě a bude spuštěno pouze v době alarmu. Po předdefinovaném časovém úseku odloží či zruší alarm a bude předpokládat úspěšné probuzení člověka. Druhé čidlo bude zapnuté nepřetržitě. Jeho cílem bude zaznamenávat pohyby během noci a detekovat spánkové cykly. Pohyby jedince se objevují těsně před nebo těsně po REM fázi spánku. Nastavení senzoru bude jako detektor jednorázového pohybu se zpožděním 30 sec. Za půl minuty by měl být člověk schopný se přestat hýbat a přejít do jiné spánkové fáze. Nastavení zpoždění a snímání může být ještě později upraveno podle naměřených hodnot při testování tohoto prototypu. Pro zpřesnění detekce těchto fází bude ještě budík doplněn o modul s mikrofonom připojený na analogový vstup Arduina. Pomocí těchto dat z mikrofону bude možné lépe pracovat s prostředím budíku a reagovat na události.

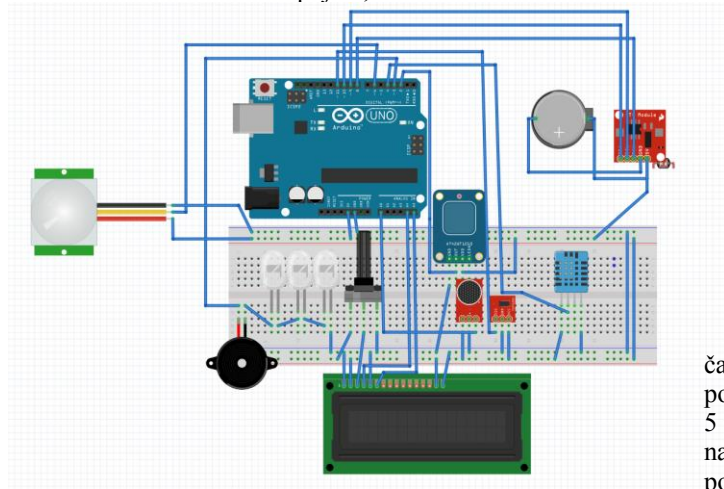
Poslední částí bude využití dotykového senzoru pro manuální vypnutí budíku v případě, že bude potřeba alarm zrušit okamžitě. Místo dotykového senzoru lze použít i klasické tlačítko.

Nastavení času buzení je řešeno připojením k USB portu počítače přes sériový virtuální port. Do budíku se odešle datum a čas spuštění alarmu ve formátu čísel oddělených čárkou, po vyhodnocení dat z čidel v předdefinovaném časovém okně (typicky 30 minut) se alarm spustí v době lehkého spánku, či pokud žádný nedetekuje, tak v přesný čas, který byl nastaven.

Toto řešení je nové ve smyslu využití platformy Arduino a odstranění nedostatků předchozích řešení. Jedná se pouze o prototyp.

#### IV. IMPLEMENTATION / IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ

Jak už bylo v předchozí kapitole napsáno, řešení chytrého budíku je postaveno na prototypovací platformě Arduino. Zapojení jednotlivých komponent včetně propojení je znázorněno na schématu zapojení, viz Obrázek 2.



### Obrázek 2 - Schéma zapojení komponent

Jediný rozdíl oproti skutečnému zapojení je připojení LCD displeje přes rozhraní LCD 1602 Adapter Board w/ IIC / I2C, které zjednodušuje finální zapojení displeje zejména o zmenšení potřebných počtu I/O portů k Arduino, obsahuje také potenciometr na regulaci jasu displeje a snadnější přístup k intenzitě podsvícení. Na odlišnou funkčnost budíku v porovnání se schématem zapojení nemá prakticky žádný vliv. Shrnutí všech použitých komponent budíku:

- Arduino Uno R3
- LCD 1602 I2C + Adapter Board w/ IIC / I2C
- HC-SR501 PIR - pohybový detektor
- Fotorezistor - regulace jasu displeje podle okolního světla
- TTP223B - kapacitní dotykový senzor
- DS3231 – hodiny reálného času s integrovanou pamětí a přídavným napájením, baterie
- D19 mikrofon
- DHT11 – čidlo okolní teploty a vlhkosti
- Breadboard – prototypovací nepájivé pole pro zapojení komponent
- Buzzer + LED diody pro signalizaci alarmu

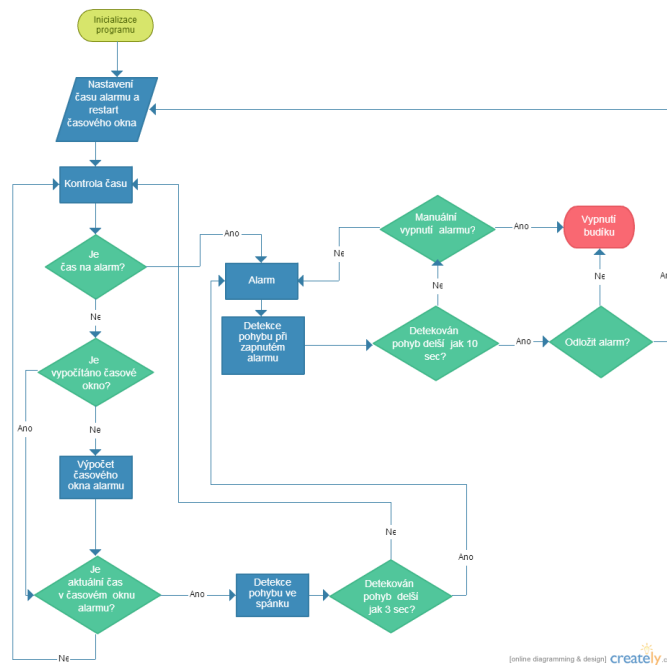
Pro vývoj zdrojového kódu budíku bylo použito vývojové prostředí Arduino ve verzi 1.0.6 a následující knihovny:

- <Wire.h> - komunikace s IC2 zařízeními, v tomto případě s LCD displejem. Knihovna byla upravena z důvodu problémů s připojením/odpojením IC2 zařízení za chodu programu a zacyklení zdrojového kódu v nekonečném cyklu. Do knihovny byl přidán časovač, který v případě detekování zacyklení knihovnu restartuje a znovu připojí IC2 zařízení.

Tato chyba v knihovně mohla být způsobena například pohnutím s kabely připojení k Arduinu, případně kolísáním napětí.

- <LCD.h>, <LiquidCrystal\_I2C.h> - knihovny pro komunikaci přímo s LCD displejem, implementuje funkce pro inicializaci, komunikaci a nastavení tohoto displeje.
- <virtuabotixRTC.h> - knihovna pro komunikaci s RTC obvodem, hodiny reálného času
- <Timer.h> - Knihovna časovače, implementuje funkce časování jednotlivých událostí
- <DHT.h> - Knihovna pro komunikaci s čidlem DHT11
- <MemoryFree.h> - Knihovna pro debugování využití operační paměti programu

Základní funkčnost budíku spočívá v možnosti nastavení času alarmu na určitý čas. Program naslouchá na sériovém portu na posloupnost číslic oddělených čárkou. Při příchodu 5 číslic ve formátu DEN,MĚSÍC,ROK,HODINA,MINUTA nastaví čas alarmu na tento okamžik a vyčkává na tento čas porovnáváním skutečného času generovaného na RTC modulu. Vývojový diagram algoritmu detekce pohybu a aktivace alarmu je znázorněn na následujícím obrázku, viz Obrázek 3.



### Obrázek 3 - Vývojový diagram algoritmu alarmu

Do výpočetní jednotky budíku odesílá informace o pohybu PIR detektor, který zaznamenává pohyb v zorném poli snímače. Při dostatečně dlouhém pohybu  $> 3$  sec zaznamenává pohyb subjektu a ukládá do proměnné, že byl zaznamenán pohyb. Delší okamžik než 3 sec byl zvolen z důvodu, aby se eliminovaly krátké pohyby, které by mohly být chybné, např. „škusnutí“ těla při usínání. Defaultně je v budíku nastaveno okno 30 min, ve kterém smí alarm zazvonit po detekování tohoto pohybu. Jelikož jsou pohyby

jedince nejčastěji před/po REM fázi, snaží se alarm aktivovat před/po fázi REM. Po 30 vteřinách po detekování tohoto pohybu je proměnná pohybu restartována z důvodu, že může být pohyb detekován mimo časové okno a senzor vyhledává další možný pohyb. Aktivace alarmu tedy může nastat ve dvou možných situacích.

1. Není detekován pohyb v nastaveném časovém okně (30 min interval zpět v čase od nastaveného alarmu), alarm je spuštěn v přesný čas nastaveného alarmu uživatele.
2. V časovém okně je detekován pohyb PIR senzorem, který je delší než 3 sec, alarm je aktivován.

Po spuštění alarmu probíhá světelná a zvuková signalizace, pokud je displej v režimu vypnutého podsvícení (v noci) je toto podsvícení zapnuto. K vypnutí budíku slouží dotykové kapacitní tlačítko, budík v době alarmu detekuje další pohyby. Pokud vyhodnotí, že subjekt vstává, je budík odložen o předem nastavený počet minut, defaultní hodnota je 5 min. Všechny časy jsou nastavitelné v hlavičce definic programu a lze je libovolně měnit, aniž by tyto časy změnili funkčnost budíku.

Další možnosti rozšíření budíku spočívají v přidání čtečky SD karet pro ukládání časů buzení, ukládání nastaveného času pro případ výpadku proudu nebo zaznamenání detekovaných událostí pro snadnější optimalizaci programu. Budík by bylo dále vhodné rozšířit o lepší dotykový LCD displej, ethernet či WiFi shield pro nastavení času po síti. Vylepšení by bylo také vyměnit buzzer za reproduktor s možností nahrání vlastní melodie do budíku.

## V. TESTING OF DEVELOPED APPLICATION / TESTOVÁNÍ VYVINUTÉ APLIKACE - ŘEŠENÍ

Testování aplikace chytrého budíku spočívá v simulaci různých časů buzení a ověření předpokladu, že je aplikace stabilní a schopna po několikadenním provozu aktivovat alarm ve správný čas. Nejpozději tedy přesně v nastavenou dobu alarmu. Další z předpokladů správného fungování aplikace je ověření správných dpočtů času v nastaveném časovém okně a jejich aplikace na dřívější aktivaci alarmu. Je také nutno otestovat veškerá čidla, jestli poskytují správné informace ohledně svého okolí (intenzita světla, pohyb, zvuk).

Základní testování bude probíhat v okně sériového monitoru vývojového prostředí Arduino, při zapnutí aplikace v takzvaném debug módu, kde budou jednotlivé stavy a důležité proměnné vypisovány.

Pokročilejší testování detekce spánkového cyklu bude probíhat na vzorku 5 měření, při kterých bude nastaven alarm na nejzazší možný čas buzení a bude testováno, zda program dokáže zaznamenat pohyb jedince a aktivovat alarm dříve, v 30 minutovém časovém okně. Následné výsledky budou zobrazeny ve formě tabulky.

### VÝSLEDKY

Při základním testování funkčnosti budíku bylo odhaleno, že modul mikrofonu nefunguje správně a nepředává správné informace. Jelikož se jednalo o doprovodné čidlo k pohybovému čidlu, bylo ověřování zvuků odstraněno a využito pro detekci spánkových cyklů pouze čidlo pohybové.

Na funkčnost by tato zjištěná vada neměla mít žádný drastický dopad.

Další základní testy neodhalily žádný závažný problém a byly otestovány pokročilejší funkce detekce pohybů při spánku. Pro otestování správné funkčnosti bylo provedeno 5 pokusů s různými časy alarmu, hodnoty včetně aktivace budíku jsou zobrazeny v následující tabulce, viz Tabulka 1.

**Tabulka 1 - Časy alarmu a jejich předběžná aktivace**

Č. pokusu	Čas alarmu	Aktivace alarmu
1	10:10	9:48
2	7:10	7:01
3	8:00	7:49
4	9:30	9:21
5	6:50	6:50

Ve vzorku 5 pokusů je v tabulce patrné, že software budíku v 1 pokusu nenašel v časovém okně -30 min od času alarmu žádný přechod z NREM fáze do REM a opačně a proto neaktivoval předběžně alarm. V dalších 4 pokusech byl tento přechod zaznamenán a aktivace proběhla zcela správně, tedy v intervalu časového okna.

Porovnání s jiným existujícím řešením není možné, protože obě dvě řešení jsou úzce spjata při aktivaci alarmu. Pokud by jedna aplikace našla moment blízky k probuzení a aktivovala svůj alarm, druhá aplikace by v zápětí aktivovala alarm také, protože by zaznamenala pohyb při probouzení, případně by se časy lišily maximálně o minutu. Experimenty by proto musely být provedeny odděleně, což by nemělo žádnou vypovídající hodnotu – každý den, respv každé ráno jsou časy přechodů jiné.

## VI. CONCLUSIONS / ZÁVĚRY

Výsledkem této práce je plnohodnotný budík, který dokáže rozpoznávat přechody mezi spánkovými cykly a aktivovat alarm v co možná nejlepší dobu, tedy v dobu blízkou k probuzení. Co se týče aktivace budíku ve správný čas, je tento dojem vcelku subjektivní a nelze s přesností říct, jak správný je tento výsledek. Jelikož se ale o signalizaci alarmu stará pár LED diod a jeden buzzer, který nevydává příliš hlasitý zvuk jako například reproduktor, musí být proto okamžik buzení načasován na správnou dobu lehkého spánku. Na vzorku 5 měření se povedlo vždy subjekt vzbudit, i když zrovna tento okamžik nalezen nebyl, což se dá pokládat za velmi dobrý výsledek.

## REFERENCES / REFERENCE

- [1] JA, Botía; CHARITOS, D. A DIY approach to the Internet of Things: A Smart Alarm Clock. In: Workshop Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Environments. IOS Press, 2013. p. 214.
- [2] Polysomnography. [online]. [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/003932.htm>
- [3] MAQUET, Pierre, et al. Functional neuroanatomy of human rapid-eye-movement sleep and dreaming. Nature, 1996, 383.6596: 163-166.

- [4] LEE, Paul; WU, Arthur; YAMAMOTO, Jordan. Smart Alarm Clock. final paper for ECE, 445.
- [5] Smart Alarm for Android. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: [http://sport.com/smart\\_alarm\\_android.html](http://sport.com/smart_alarm_android.html)
- [6] S.M.A.R.T Alarm Clock. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://makezine.com/projects/s-m-a-r-t-alarm-clock/>
- [7] Arduino. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc>
- [8] CRICK, Francis; MITCHISON, Graeme. The function of dream sleep. *Nature*, 1983, 304.5922: 111-114
- [9] SleepTracker. [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.sleeptracker.cz>
- [10] Sleep Cycle. [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.sleepcycle.com>
- [11] Temboo. [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <https://temboo.com>
- [12] LIAO, Wen-Hung, et al. iWakeUp: A video-based alarm clock for smart bedrooms. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 2010, 33.5: 661-668.
- [13] How To Defeat a PIR Motion Detector. [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.irmagnetics.com/security/defeatpir/defeatpir.php>
- [14] DS3231. [online]. [cit. 2014-12-19]. Dostupné z: <http://www.maximintegrated.com/en/products/digital/real-time-clocks/DS3231.html>
- [15] DHT11 HUMIDITY & TEMPERATURE SENSOR MODULE. [online]. [cit. 2014-12-19]. Dostupné z: <http://www.uugear.com/portfolio/dht11-humidity-temperature-sensor-module/>
- [16] How Infrared motion detector components work. [online]. [cit. 2014-12-19]. Dostupné z: <http://www.gloolab.com/pirparts/infrared.html>
- [17] PIR sensor technology. [online]. [cit. 2014-12-19]. Dostupné z: <http://www.ecosirius.com/technology.html>
- [18] Dement W, Kleitman N. Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility and dreaming. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1957;9:673–90. [PubMed]
- [19] Aserinsky E, Kleitman N. Two types of ocular motility occurring in sleep. *J Appl Physiol*. 1955;8:1–10.[PubMed]